

Universidad Nacional de La Plata  
Facultad de Ciencias Exactas

**Determinación de humedad, materia orgánica y  
nitrógeno en dos muestras de compost y una de  
suelo del bosque**

❖ Materia: Química Analítica

❖ Docente a cargo: Orosco Eugenia

❖ Integrantes: Boneder Sofía;  
Iñon Rukavina Ayelén;  
Jara Sofía (grupo 5)

❖ Año: 2019 (segundo semestre)

## **Índice:**

Objetivos	2
Introducción	2
Materiales y métodos	5
*Toma de muestra	
*Preparación de las muestras	
*Determinación de humedad por evaporación en estufa	
*Determinación de materia orgánica por calcinación en mufla	
*Determinación de carbono en base al contenido de materia orgánica	
*Determinación de nitrógeno por el método Kjeldahl	
-Preparación de los reactivos	
-Cálculos de los reactivos	
-Valoración de $\text{H}_2\text{SO}_4$	
-Procedimiento de método Kjeldahl	
Resultados y discusión	15
*Datos experimentales y resultados de humedad y materia orgánica	
*Datos experimentales y resultados del contenido de nitrógeno	
Conclusión	17
Agradecimientos	18
Bibliografía	19

### **Objetivos:**

- Medir el porcentaje de humedad y materia orgánica por gravimetría de tres muestras distintas: compost de la Facultad de Ciencias Exactas, compost de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo y suelo extraído del bosque.
- Medir el contenido de nitrógeno por el método Kjeldahl de las tres muestras mencionadas anteriormente.
- Realizar comparaciones de los resultados y concluir los beneficios que tiene compostar los desechos orgánicos.

**Introducción:** El compost es un abono natural que se obtiene mediante la degradación natural de materia orgánica. El mismo puede ser aplicado a los suelos con el propósito de mejorar las características químicas, físicas y biológicas, ya que aporta nutrientes que activan e incrementan la actividad microbiana de la tierra. Las plantas se ven favorecidas ya que reciben una mejor nutrición. Otra de las ventajas a destacar es su fácil elaboración, ya que se utilizan los desechos orgánicos de nuestras casas, tales como restos de verdura y frutas, cáscara de huevo, yerba, entre otros. Permitiendo así, el aprovechamiento de estos y evitando que vayan a la basura favoreciendo también el cuidado al medio ambiente.

A principio del año 2019 en la Facultad se formó un grupo de estudiantes y graduados con ganas de tratar los desechos que se generan en el establecimiento. Entre todas las ideas surgidas se optó por la creación de una compostera -que se encuentra en el edificio nuevo que tiene la Facultad de Ciencias Exactas- utilizando los desechos que generan los centros de investigación e institutos ubicados en la zona (CIM, CEQUINOR, IIFP, LIDeB).

Las integrantes de este trabajo formamos parte de dicho grupo. Es por eso que nos parecía una buena oportunidad poder utilizar métodos aprendidos en la materia para determinar parámetros en dos compost distintos y en un suelo promedio, y realizar comparaciones.

Hay varios modelos de compost; optamos por hacerlo sobre el suelo ya que contábamos con el espacio físico para llevarlo a cabo, además de ser más simple y con menor costo.

Comenzamos marcando la zona con palos de madera. Dentro del rectángulo, sobre un área menor, empezamos a poner una capa de seco (hojas secas, ramas, etc.), luego una capa de restos de poda (hojas verdes, pasto recién cortado, etc.), sobre eso colocamos todos los desechos orgánicos ya mencionados (restos de verduras y frutas, cáscara de huevo, yerba, café, té, etc.). Cubrimos con

otra capa de restos de poda y luego otra capa de secos. Se realiza de esta manera para darle estructura a la pila formada.

Los desechos orgánicos quedan tapados para evitar la pérdida de calor, exceso o falta de humedad, y mantener los nutrientes juntos y evitar que se dispersen. Esto último es importante para lograr elevar la temperatura. El incremento de ésta en la primera parte del compostaje indica la presencia de materiales muy degradables y unas condiciones de trabajo adecuadas, mostrando el desarrollo correcto del proceso. El mantenimiento de temperaturas elevadas asegura la higienización del material, pero se pueden presentar problemas de inhibición de la actividad de la mayoría de microorganismos si son excesivas. Por eso, es necesario conseguir un equilibrio entre la máxima higienización y la biodegradación.

Se considera que la mayor diversidad microbiana se consigue entre 35 y 40 °C, la máxima biodegradación entre 45 y 55°C y la higienización cuando superan los 55°C.

Una vez finalizada la pila, se le debe agregar un poco de agua. El contenido de agua del material a compostar es muy importante ya que los microorganismos solo pueden utilizar las moléculas orgánicas si están disueltas en agua. La actividad biológica es buena a partir del 40%, por el contrario una humedad alta acompañada de una inadecuada porosidad origina la disminución de la transferencia de oxígeno, siendo este insuficiente para la demanda de la actividad microbiana aeróbica. Por ello el rango óptimo de humedad se encuentra entre un 40-60%, aunque este rango puede variar en función de la naturaleza del material a compostar.

Pasado un tiempo, la pila debe airearse, volteandola y mezclando los materiales con un poco de tierra del suelo - en nuestro caso, una vez a la semana, aunque lo recomendable sea de 2 o 3 veces semanales-; esto es necesario ya que los microorganismos necesitan de oxígeno para sobrevivir, y para regular la humedad (manteniendo una temperatura adecuada). Al agregar nuevo material compostable, siempre se debe hacer a un lado de la pila y no sobre ella, para evitar mezclar el abono en distintas etapas de madurez. El proceso de compostaje varía en su duración, en condiciones óptimas el mínimo son seis meses.

Una manera recomendable para acelerar el proceso de compostaje es la utilización de lombrices (generalmente las californianas), ya que ayudan a la aireación y a la degradación de la materia orgánica debido a que se alimenta de la misma. Tanto el compost de Exactas como el compost de Naturales tenían lombrices.

Otros parámetros a tener en cuenta son, por un lado, el pH, debido a que

para conseguir que la población microbiana sea la más variada posible hay que trabajar con pH cercanos a 7 ya que los valores extremos son perjudiciales para determinados grupos de microorganismos. Y por otro lado, la relación carbono/nitrógeno el cual es un indicador muy útil para evaluar el desarrollo y calidad de nuestro compostaje. El valor de esta relación se encuentra estimada entre 25:1 y 40:1, es decir, 25 o 40 partes de carbono por 1 de nitrógeno.

Si el compostaje almacena demasiada cantidad de carbono, se producirá una evacuación en forma de dióxido de carbono a la atmósfera. La fermentación en este caso será lenta y de temperatura baja, y tardaremos más tiempo en obtener el compost final. En el caso de exceso de contenido en nitrógeno, se producirá una evacuación de amoníaco a la atmósfera, emisión de olores desfavorables y temperaturas altas.

Con los contenidos aprendidos en Química Analítica optamos por medir humedad, materia orgánica y nitrógeno. Con la medida experimental de materia orgánica logramos calcular el carbono y así obtener la relación carbono/nitrógeno.

Para determinar estos parámetros vamos a utilizar por un lado el método de gravimetría para obtener el contenido de humedad y materia orgánica, que consiste en volatilizar el compuesto a determinar elevando la temperatura de la muestra sólida. Por diferencia entre las pesadas, podemos saber la cantidad de la especie volatilizada. En nuestro caso, humedad y materia orgánica. Por otro lado, vamos a utilizar el método Kjeldahl, que es un proceso de análisis químico para determinar el contenido en nitrógeno, que consta de tres etapas: digestión, donde el nitrógeno orgánico pasa a ion amonio ( $\text{NH}_4^+$ ); destilación, separación por arrastre con vapor de agua del amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y posterior fijación en una solución ácida de concentración conocida; valoración: medición de la cantidad de ácido neutralizado por el amoníaco disuelto, lo que indica la cantidad de Nitrógeno presente en la muestra inicial.

Medimos estos parámetros a tres muestras, el compost maduro del grupo que formamos en la Facultad de Ciencias Exactas, el compost maduro de la Facultad de Ciencias Naturales y suelo del bosque. Hicimos esta elección debido a que, además de que deseamos medir estos factores a nuestro compost, queríamos compararlo con el de Naturales ya que es un proyecto que tiene años y nos pareció muy útil compararlo. Por otro lado, escogimos el suelo del bosque, un suelo que no se abona o suplementa y representa un suelo “promedio”.

Consideramos importante esta comparación para poder demostrar los beneficios que posee el compost, cómo su contenido de humedad y materia





>Edificio de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo:

-Dirección: Avenida 122 y 60, La Plata, Buenos Aires.

-La compostera se encuentra atrás del edificio de la Facultad, en un lugar cerrado con alambre, debajo de árboles los cuales le proporcionan sombra, tapada con una media sombra. Al lado de la compostera está la huerta en la que utilizan el compost producido.



>Bosque:

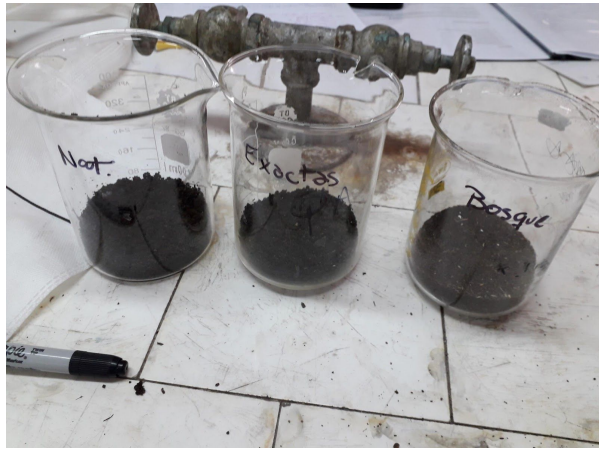
-Dirección: Avenida Iraola y Avenida 120

-Zona con muchos árboles y césped con un suelo promedio, seco y sin ningún tipo de abono.



- Preparación de las muestras:

comenzamos tamizando las muestras utilizando un colador metálico de 1 mm de paso y colocando el sólido tamizado en vasos de precipitados rotulados.



- Determinación de humedad por evaporación en estufa:

Para determinar el porcentaje de humedad, calentamos los crisoles en la estufa a 105°C y los pesamos vacíos en balanza analítica  $P_0$ , anotamos esos pesos y luego agregamos alrededor de 1g de muestra en cada uno  $P_i$ . Volvimos a llevar a la estufa a 105°C dejándolos alrededor de 15 horas para eliminar toda el agua de las muestras. Una vez que los sacamos y dejamos enfriar en el desecador, volvimos a pesar en balanza analítica anotando los valores  $P_s$ . Nuevamente llevamos los crisoles a la estufa pero esta vez durante media hora, pesamos una segunda vez y repetimos una vez más teniendo 3 pesadas por crisol quedándonos con el último valor registrado.

$$\%H = ((P_s - P_0) / (P_i - P_0)) * 100$$

- Determinación de materia orgánica por calcinación en mufla:

Para la determinación de materia orgánica, como las muestras tenían que estar secas, usamos los mismos crisoles que quedaron anteriormente con las masas ya registradas  $P_s$ . Primero calentamos los crisoles en mechero utilizando los triángulos de porcelana, luego llevamos las muestras a la mufla a 550°C durante 2 horas eliminando la materia orgánica por calcinación. Una vez sacadas de la mufla se las deja enfriar brevemente sobre una superficie adecuada y luego se terminan de enfriar en el desecador. Cuando los crisoles están fríos los pesamos en balanza analítica registrando los pesos  $P_f$ .

$$\%MO = ((P_f - P_0) / (P_s - P_0)) * 100$$



- Determinación de carbono en base al contenido de materia orgánica:

Debido a la complejidad del análisis del carbono, el contenido de carbono de las muestras se ha estimado en base al contenido en materia orgánica de la muestra y considerando que para la mayoría de materiales el contenido de carbono se encuentra entre el 45% y el 60% de la fracción orgánica. Se ha determinado a partir de la siguiente ecuación tal como indica Haug (1993).

$$\%C = \%MO / 1,8$$



- Determinación de nitrógeno por el método Kjeldahl:

\*Preparación de reactivos:

comenzamos preparando los reactivos que necesitamos:

- 500ml de solución de ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) 4% p/v
- 500ml de solución de hidróxido de sodio (NaOH) 35% p/v
- Catalizador de sulfato de sodio ( $Na_2SO_4$ ) y sulfato de cobre pentahidratado

(CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O), el cual debe tener una proporción 10:1  
-500ml de solución de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 0,05M

\*Cálculos de los reactivos:

>preparación de 500ml de solución de ácido bórico (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) 4%p/v:

masa necesaria de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> = (V<sub>sn</sub> \* %p/v)/100ml

masa necesaria = (500ml \* 4g)/100ml → masa necesaria = 20g

>preparación de 500ml de solución de NaOH 35%p/v:

masa necesaria = (V<sub>sn</sub> \* %p/v)/100ml

masa necesaria = (500ml \* 35g)/100ml → masa necesaria = 175g

>¿Porque usamos 90ml para cada balón de la solución de NaOH 35%p/v?:

Como usamos en la etapa de digestión 20ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98%p/p, δ = 1,84g/ml

$m_{sn} = V_{sn} * \delta$

$m_{sn} = 20ml * 1,84g/ml \rightarrow m_{sn} = 36,8g \text{ de } H_2SO_4$

$m_{sto} = (m_{sn} * \%p/p)/100g$

$m_{sto} = (36,8g * 98g)/100g \rightarrow m_{sto} = 36,064g$

$H_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$

$m_{NaOH} = (m_{H_2SO_4} * 2 * PM_{NaOH})/PM_{H_2SO_4}$

$m_{NaOH} = (36,064g * 2 * 40g)/98g \rightarrow m_{NaOH} = 29,44g$

$V_{NaOH} = (m_{NaOH}/\%p/v) * 100ml$

$V_{NaOH} = (29,44g/35g) * 100ml \rightarrow V_{NaOH} = 84,11ml$

como necesitamos que el NaOH esté en exceso, redondeamos ese volumen a 90ml.

>pastilla catalizador de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O proporción 10:1: 10g de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> cada 1g de CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O. Se pesaron 40g de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y 4g de CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O

>preparación de 500ml de solución H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05M:

partimos de una solución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 96%p/p, δ = 1,84g/ml PM<sub>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></sub> = 98,08g/mol

$V_{alícuota} = (V_{sn} * C_{sn} * 100 * PM_{H_2SO_4}) / (1000 * \%p/p * \delta)$

$V_{alícuota} = (500ml * 0,05M * 100 * 98,08mg/mmol) / (1000 * 96 * 1,84g/ml)$

$V_{alícuota} = 1,388ml$ ; para redondear tomamos 1,40ml de la alícuota para preparar la solución.

\*Valoración de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:

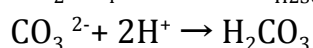
Valoración de una solución de ácido sulfúrico 0,05 M con carbonato de sodio utilizando verde de bromocresol como indicador de punto final.

Mientras ocurría la etapa de digestión, la cual duró alrededor de una hora, valoramos la solución de ácido sulfúrico 0,05 M que habíamos preparado, utilizando Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> anhidro y secado en estufa. Calculamos cuánto de la sal

debíamos pesar para gastar 20ml de ácido ya que íbamos a titular con una bureta de 25ml. Pesamos dichas masas, colocándolas en 6 erlenmeyers, les agregamos un poco de agua destilada e indicador verde de bromocresol y realizamos las seis titulaciones anotando los volúmenes de ácido consumidos en el proceso.

Cálculo de masas que debemos pesar de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  para un volumen de 20ml:

$$\text{CH}_2\text{SO}_4 = 0,05\text{M}; V_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 20\text{ml}; \text{PM}_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 105,99\text{mg/mmol}$$



$$n_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = n_{\text{H}_2\text{SO}_4} \rightarrow m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} / \text{PM}_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = V_{\text{H}_2\text{SO}_4} * C_{\text{H}_2\text{SO}_4}$$

$$m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = V_{\text{H}_2\text{SO}_4} * C_{\text{H}_2\text{SO}_4} * \text{PM}_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$$

$$m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = (20\text{ml} * 0,05\text{M} * 105,99\text{mg/mmol}) / 1000\text{mg/g} \rightarrow m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 0,10599\text{g}$$

Pesamos las masas en 6 erlenmeyers para hacer 6 titulaciones. Anotamos el volumen consumido del ácido y calculamos las concentraciones en cada erlenmeyer con la siguiente fórmula:

$$\text{CH}_2\text{SO}_4 = m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} / (\text{PM}_{\text{Na}_2\text{CO}_3} * V_{\text{H}_2\text{SO}_4\text{consumido}})$$

erlenmeyer	masa $\text{Na}_2\text{CO}_3$ (g)	Volumen de $\text{H}_2\text{SO}_4$ consumido(ml)	Concentración de $\text{H}_2\text{SO}_4$ (M)
1	0,1089	21,60	0,04756738057
2	0,1081	21,32	0,04783806466
3	0,1064	21,02	0,04775776829
4	0,1073	21,10	0,04797913064
5	0,1096	21,62	0,0478288537
6	0,1073	21,34	0,04743953405

Con los valores de concentración obtenidos se calcula el promedio y con eso se determina el valor sospechoso.

$$\text{Promedio} \rightarrow x = 0,04774$$

$$\text{Desviación estándar} \rightarrow s = 0,0001975$$

Cuenta de los valores sospechosos: 0,04744 y 0,04798

$$0,04798 - 0,04774 = 0,00024$$

$$0,04774 - 0,04744 = 0,0003$$

Luego se realiza el test de Dixon sobre el valor sospechoso para evaluar si se acepta o rechaza dicho valor y expresar correctamente la concentración de la solución de ácido sulfúrico

$$Q_{\text{experimental}} = |X_q - X_n| / \text{rango}$$

$X_q$  = dato sospechoso (el dato más alejado de la media)

$X_n$  = dato próximo al sospechoso

rango = el valor más grande menos el valor más chico.

extremos: 0,04744 y 0,04798

$$0,04798 - 0,04744 = 0,00054$$

$$0,04774 - 0,04744 = 0,0003$$

Por lo que  $X_q = 0,04744$  y  $X_n = 0,04757$

$$Q_{\text{exp}} = |0,04744 - 0,04757| / (0,04798 - 0,04744)$$

$$Q_{\text{exp}} = 0,2407$$

Buscamos en las tablas del capítulo 2 de Química Analítica (tratamiento de datos analíticos) los valores de  $Q_{\text{crítico}}$  para  $n=6$  y  $t$  para grados de libertad  $= n-1 = 6-1 = 5$  ambos con 95% de confianza.  $Q_{\text{crítico}} = 0,625$  y  $t = 2,57$ .

Como  $0,625 > 0,2407$ , es decir  $Q_{\text{crítico}} > Q_{\text{experimental}}$ , conservamos el valor sospechoso entre los datos con un 95% de confianza.

Ahora expresamos correctamente la media con la siguiente expresión:

$$\mu = \bar{x} \pm t \cdot s / \sqrt{n} \text{ donde } \bar{x} = 0,04773512198$$

$$t \cdot s / \sqrt{n} = 2,57 \cdot 0,0001975 / \sqrt{6} = 0,0002072$$

como el primer número distinto de cero está en el cuarto decimal ahí se cortan los valores entonces

$$\mu = (0,0477 \pm 0,0002) M$$

#### \*Procedimiento del método Kjeldahl:

Una vez que tenemos todos los reactivos preparados comenzamos con la etapa de digestión. Pesamos 1g de cada muestra seca y tamizada sobre papel film, envolvimos la muestra con dicho plástico y colocamos un paquete en cada balón. Tomamos un balón extra para preparar un blanco de reactivos, es decir, colocando todos los reactivos pero sin la muestra, así si tiene algo de nitrógeno se le resta a todos los otros para saber con mayor exactitud la cantidad de nitrógeno de las muestras.

Procedimos a poner todos los reactivos sobre cada balón, 20ml de ácido sulfúrico concentrado, 3g del catalizador y plato poroso. Colocamos los balones sobre mecheros y conectamos una trampa para gases en la boca de los balones. En estas condiciones de trabajo los balones alcanzan los 400°C. Una vez que todas las soluciones tomaron el color del blanco, el cual era verde esmeralda, damos por finalizado el calentamiento. En esta etapa lo que ocurre es que se transforma

todo el nitrógeno orgánico en su forma amoniacal mientras que el carbono orgánico se transforma en dióxido de carbono y se elimina del balón.



*Comienzo de la etapa de digestión. De izquierda a derecha: muestra de Naturales, muestra de Exactas, muestra del bosque, ensayo en blanco.*

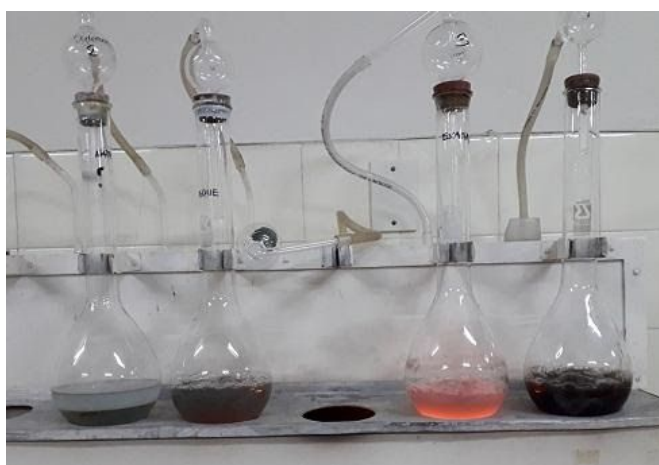


*Mitad de la etapa de digestión. Se puede ver como el ensayo en blanco ya tomó el color verde translúcido, pero los balones de la muestra no.*

Ahora pasamos a la etapa de destilación; cuando los balones se enfriaron, se les agregó agua destilada para diluir el ácido y después se agregó una cantidad suficiente de solución de NaOH al 35 %p/v para neutralizar el ácido sulfúrico agregado para la etapa de digestión más un exceso para asegurarnos que la solución resultante sea alcalina y el amoníaco destile. Este agregado lo realizamos en forma lenta para no mezclar las dos soluciones. En esta parte el



amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) pasa a amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) con el exceso de base. Luego pusimos a calentar los balones conectados a un refrigerante cuyo extremo estaba sumergido en un erlenmeyer que tenía 50 ml de la solución de ácido bórico al 4 %p/v e indicador de Mortimer, el cual es un indicador mixto mezcla de rojo de metilo y verde de bromocresol, con un rango de viraje entre 4,8 (naranja) y 5,5 (verde azulado). Por lo que a medida que se destila el  $\text{NH}_3$  la solución pasa de un color naranja a un turquesa. Una vez que destilaron entre 100 y 150 ml damos por finalizada la destilación. En esta etapa el  $\text{NH}_3$  pasa de nuevo a  $\text{NH}_4^+$  y el  $\text{H}_3\text{BO}_3$  pasa a  $\text{H}_2\text{BO}_3^-$ .





Todas las muestras al ser destiladas viraron el indicador de Mortimer al turquesa, pero el blanco no, indicando que no tenía nitrógeno, de igual manera procedimos a titular todas las soluciones obtenidas con la solución de ácido sulfúrico valorada en la etapa de la valoración. En dicha etapa realizamos una titulación con el ácido sulfúrico 0,05 M ya valorado. En esta parte el  $\text{H}_2\text{BO}_3^-$  de la solución reacciona con los protones del ácido dando nuevamente  $\text{H}_3\text{BO}_3$  y haciendo que la solución pase de turquesa a naranja otra vez.

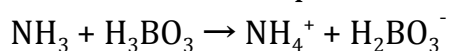


*Imagen de la izquierda después de la destilación del amoníaco, antes de la titulación.*

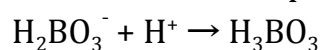
*Imagen de la derecha luego de la titulación con ácido sulfúrico en el punto final.*

\*Cálculo del porcentaje de nitrógeno:

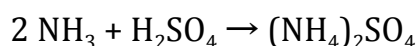
>Reacción en la etapa de destilación para la fijación del amoníaco:



>Reacción en la etapa de valoración:



Por lo que dos veces los moles de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) son iguales a los moles de amoníaco ( $\text{NH}_4^+$ ) que son iguales a los moles de nitrógeno



$$2 n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = n_{\text{NH}_4^+} = n_{\text{N}} \rightarrow n_{\text{N}} = ((V \cdot C) \text{H}_2\text{SO}_4) \cdot 2$$

$\text{CH}_2\text{SO}_4 = 0,0447\text{M}$ ;  $\text{PM}_{\text{N}} = 14,007\text{mg}/\text{mmol}$ ; Volumen consumido del blanco = 0

1 mmol  $\text{NH}_3 = 1 \text{ mmol H}_2\text{BO}_3^- = 1 \text{ mmol H}^+$

2 mmoles  $\text{NH}_3 = 2 \text{ mmoles H}^+ = 1 \text{ mmol H}_2\text{SO}_4$

$$\% \text{N} = (((V_{\text{consumido}} - V_{\text{blanco}}) \cdot [\text{H}_2\text{SO}_4]) \cdot 2 \cdot \text{PA}) / 1000 \cdot m_{\text{muestra}}$$

## **Resultados y discusión:**

- Datos experimentales y resultados de humedad y materia orgánica:

Estufa a  $105^\circ\text{C}$  durante 15 horas; mufla a  $550^\circ\text{C}$  durante 2 horas

Tabla 1. Datos experimentales registrados para la determinación del contenido de humedad y el contenido de materia orgánica de las muestras analizadas en este trabajo.

Muestra	Crisol	(P <sub>0</sub> ) (g)	Pi (g)	Ps (g)	Pf (g)
Bosque	Z	22,2963	23,3065	23,1955 23,1874 <b>23,1850</b>	22,9440 <b>22,9446</b>
	Q	24,5354	25,5771	25,4666 25,4576 <b>25,4577</b>	25,2053 <b>25,2048</b>
	1	24,2255	25,2550	25,1468 25,1388 <b>25,1383</b>	24,8862 <b>24,8859</b>
Exactas	P	23,5735	24,9530	24,1262 24,1195 <b>24,1198</b>	23,8313 <b>23,8300</b>
	M	25,6756	26,9843	26,1968 26,1923 <b>26,1896</b>	25,9122 <b>25,9114</b>

	L	27,3318	28,4455	27,7756 27,7698 <b>27,7698</b>	27,5329 <b>27,5324</b>
Naturales	N	24,6522	25,6617	25,0118 25,0111 <b>25,0100</b>	24,8274 <b>24,8272</b>
	R	23,8347	24,9719	24,2437 24,2395 <b>24,2376</b>	24,0335 <b>24,0323</b>
	S	23,1222	24,4665	23,6050 23,5995 <b>23,5995</b>	23,3529 <b>23,3525</b>

***Fórmulas a utilizar:***

$$*\%humedad = ((P_i - P_s) / (P_i - P_0)) \times 100$$

$$*\%materia\ orgánica = ((P_s - P_f) / (P_s - P_0)) \times 100$$

$$*\%carbono = \%MO / 1,8$$

Tabla 2. Cálculos obtenidos para el contenido de humedad, el contenido de materia orgánica y el contenido de carbono de las muestras analizadas en este trabajo.

Muestra	% humedad	% humedad promedio ( $\pm s$ )	% materia orgánica	% materia orgánica promedio ( $\pm s$ )	%carbono	% carbono promedio ( $\pm s$ )
Bosque	12,03 11,46 11,34	11,6 ( $\pm 0,4$ )	27,05 27,42 27,65	27,4 ( $\pm 0,3$ )	15,03 15,23 15,36	15,2 ( $\pm 0,2$ )
Exactas	60,40 60,72 60,67	60,6 ( $\pm 0,2$ )	53,05 54,13 54,20	53,8( $\pm 0,6$ )	29,47 30,07 30,11	29,9( $\pm 0,4$ )
Naturales	64,55 64,57 64,50	64,54( $\pm 0,04$ )	51,08 50,96 51,75	51,3( $\pm 0,4$ )	28,38 28,31 28,75	28,5( $\pm 0,2$ )

- Datos experimentales y resultados del contenido de nitrógeno:

### ***Fórmula utilizada***

1 mmol  $\text{NH}_3$  = 1 mmol  $\text{H}_2\text{BO}_3^-$  = 1 mmol  $\text{H}^+$

2 mmoles  $\text{NH}_3$  = 2 mmoles  $\text{H}^+$  = 1 mmol  $\text{H}_2\text{SO}_4$

$$\%N = ((V_{\text{consumido}} - V_{\text{blanco}}) * [\text{H}_2\text{SO}_4] * 2 * \text{PA}) / 1000 * m_{\text{muestra}}$$

Tabla 3. Datos experimentales registrados y cálculos obtenidos para el contenido de nitrógeno de las muestras analizadas.

Tipo de muestra	Volumen de ácido consumido (ml)	masa de muestra (g)	%Nitrógeno
Bosque	5,54	1,0046	0,737
Exactas	16,12	1,0038	2,146
Naturales	15,60	1,0182	2,047

Tabla 4. Tabla final con los resultados de los porcentajes obtenidos de humedad, materia orgánica, carbono, nitrógeno y relación carbono/nitrógeno en las muestras estudiadas en este trabajo.

Tipo de muestra	%Humedad	%Materia orgánica	%Carbono	%Nitrógeno	Relación C/N
Bosque	11,6	27,4	15,2	0,737	21:1
Exactas	60,6	53,8	29,9	2,146	14:1
Naturales	64,54	51,3	28,5	2,047	14:1

### **Conclusiones:**

No hay una manera de saber que parámetros serían adecuados en un compost maduro. Cuando se habla de calidad, los parámetros más adecuados dependen del uso final, y pueden ser definidos de acuerdo a objetivos específicos. Por ello, tomamos como referencia el compost de Naturales, debido a que, como se mencionó en la introducción, sabemos que el compost producido es un abono adecuado para ser utilizado, ya que ellos mismos lo utilizan en su huerta.

Como se puede ver en la tabla final, los resultados de los parámetros de humedad y la relación C/N, del compost de Exactas dan similares a los resultados del



compost de Naturales. Por lo que podríamos decir que realizamos de manera correcta el proceso de compostaje y que el compost que produjimos con el grupo de la Facultad estaría en condiciones adecuadas para poder ser empleado como abono en algún jardín y/o huerta.

Por otro lado, como era de esperarse, los resultados, de los parámetros mencionados, en la muestra del bosque, dieron muy lejanos a los de ambos compost. Se puede ver que los valores de humedad, materia orgánica, carbono y nitrógeno son mayores en los fertilizantes naturales y bajos en el suelo promedio, por lo que es muy conveniente mezclar estos abonos producidos, de manera sencilla y práctica, con la tierra del jardín para poder humidificarlos y aportarles nutrientes que logren beneficiar la plantación y el crecimiento de la vegetación que se desee.

Con esto demostramos los muchos beneficios que tiene compostar. Es fácil y práctico, se puede hacer sobre el suelo o en un recipiente, sólo se necesitan los desechos orgánicos que producimos en nuestras casas reduciendo así la bolsa de basura, con la consecuente reducción de las necesidades de recogida y tratamiento y las emisiones asociadas. Y además, como ya se mencionó, el compost mejora la estructura del suelo, aportando materiales húmicos, y contiene todos los nutrientes necesarios para un crecimiento saludable de las plantas, los cuales se liberan lentamente, de lo que resulta un aporte continuo de éstos. Una correcta aplicación del compost evita el crecimiento de malas hierbas y por lo tanto mejora las condiciones para hacer jardinería. Por otro lado, este abono natural sustituye al fertilizante o abono artificial, reduciendo así el consumo de estos productos y los efectos contaminantes asociados a su producción y uso.

Y de lo más importante a destacar del compostaje es que al reducir la basura de nuestras casas y reemplazar los fertilizantes artificiales por este fertilizante natural estamos colaborando con el medio ambiente evitando su contaminación.

### **Agradecimientos:**

Queremos agradecer al proyecto “Aula Viva” Unidad Vivero de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo por permitirnos tomar una muestra de su compostera y regalarnos lombrices para la nuestra; Al Area Bioquímica y Control de Alimentos por facilitar el uso de los equipos y el laboratorio para realizar parte de las determinaciones; A todos los institutos (CIM, CEQUINOR, IIFP, LIDeB) que colaboran separando los desechos orgánicos de sus residuos para poder llevar a cabo la compostera, en especial a Rosana Romano, investigadora del CEQUINOR por regalarnos lombrices; A las autoridades de la Facultad de

Ciencias Exactas por brindarnos el espacio físico para realizar la compostera; A Juan Manuel Santillán por iniciar y ser el responsable del proyecto “compostando” y a todos nuestros compañeros que forman parte del proyecto por su dedicación y predisposición para todas las actividades llevadas a cabo; Y por último, a Eugenia Orosco, la docente a cargo de este trabajo, por todas las horas dedicadas tanto a la parte experimental como a las correcciones y explicaciones realizadas.

- Bibliografía:**
1. Barrena Gómez, Raquel. Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso. Memoria de Tesis (2006) Universidad Autónoma de Barcelona, <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5307/rbg1de1.pdf>
  2. Josep Esquerrà i Roig. Guía para el compostaje casero. Página web, <https://ecoinventos.com/guia-para-el-compostaje-casero/>
  3. Química analítica - capítulo 2: tratamientos de datos analíticos.
  4. Roger Tim Haug. The Practical Handbook of Compost Engineering. Libro (1993), <https://www.crcpress.com/The-Practical-Handbook-of-Compost-Engineering/Haug/p/book/9780873713733>
  5. Material de difusión del Gobierno Provincial de Gipuzkoa, País Vasco, España, [https://www.gipuzkoa.eus/documents/2227195/2229015/interpretacioncompost\\_v1.pdf/26b0b56f-ff7d-af7c-56c6-0faac739b012](https://www.gipuzkoa.eus/documents/2227195/2229015/interpretacioncompost_v1.pdf/26b0b56f-ff7d-af7c-56c6-0faac739b012)
  6. García Céspedes, D.I. y otros. Métodos y parámetros para determinar la madurez en el compost a nivel de fincas. Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente, Año 14, N°.26, (2014), <http://ama.redciencia.cu/articulos/26.03.pdf>